

都内中小河川の治水安全度と大規模調節池

Risk in Flood at the Medium Size and Small Rivers with a Big Storage Reservoir in Tokyo Metropolis

早稲田大学理工学部土木工学科 吉川秀夫
東京都都市計画局施設計画部 佐藤一夫
東京都土木技術研究所技術部 ○和泉 清

1. まえがき

東京都では、現在、生起確率 3年ないし 5年の計画規模である計画降雨強度 50mm/hr, 流出係数 0.8の河川改修及び下水道整備が進められて来ている。

このような状況において、生起確率 10年～20年の計画規模による治水施設の整備が計画され、実施に移されようとしている。

この計画は、従前の河道拡幅による方法に加え、大規模な洪水調節池や放水路などの治水施設の併用による対策で計画降雨強度 75mm/hr¹⁾ 相当まで治水安全度を向上させようとするものである。

そして、より治水安全度の高い治水施設を先導的に整備することが現況河川の治水安全度の向上に速効性があるとして、都道である環状 7号線下に大規模な洪水調節池(仮称、神田川調節池²⁾)の設置が実施に移されようとしている。

本文は、都内中小河川の内、神田川及び目黒川を例に、既往洪水による現況の治水安全度の確認、河道流下能力と必要洪水調節容量の関係、計画降雨に対する洪水調節方法等について考察を行なったものである。

2. 対象河川と水文データ

本文で、対象とした中小河川は、図-1に示す神田川及び目黒川である。

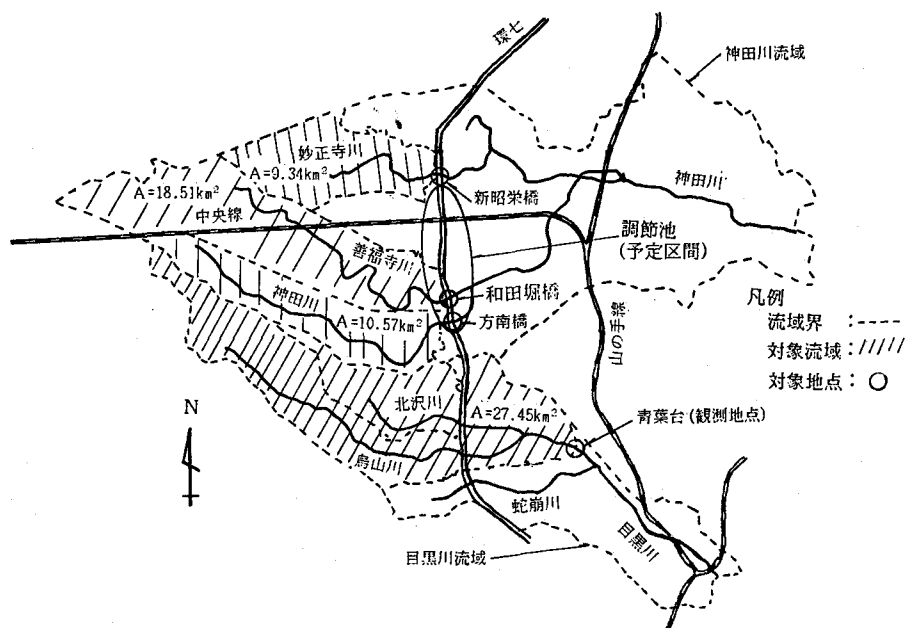


図-1 対象河川流域

神田川は、流域面積 105.5km²、河川延長 24.6kmの東京を代表する中小河川である。現状の神田川はほぼ下水道が完備し計画降雨強度 50mm/hr、流出係数 0.8の河道改修が約 50%程度進捗し流域の都市化状況を表す指標のひとつである都市化数³⁾が 85という既成市街地流域である。一方、目黒川は、流域面積 45.5 km² の二級河川で下水道整備率が 60%、都市化数が 75の水準にある市街地流域である。

(1) 流域諸元

本文では、図-1に示す神田川と環状7号線との交点より上流域と目黒川の青葉台地点(目黒区)より上流域を解析対象域とした。これら河川の流域諸元の概要を表-1に示す。対象流域面積(A)は、9.34km²~27.45km²(河道長(L)3.0km~10.4km)の範囲もので、河道勾配(i)が1/800以下という急勾配な河川であり、従って実態的な洪水到達時間(t_p)が50~90(min)と比較的に短い、また、それぞれの現況における流下能力(Q_c)は、80m³/s~150m³/sと小さい。

(2) 水文データ

目黒川青葉台地点については昭和41年~昭和60年の20年間に得られた水位観測データと水位流量曲線から求めた流量データの実存状況と下記に示す条件にかなうものを選択した。その結果、目黒川は、91洪水が対象となった。神田川については、下記の降雨状況のものをそのまま用い、後述する流出計算手法によって流出量等を算出した。

対象降雨は東京中央气象台(東京大手町)

の昭和31年~昭和60年の30年間の降雨の内、①時間最大降雨強度20mm/hr以上、②日降雨量60mm以上、③都内中小河川で水害が発生しているもの、等の降雨のいずれかに該当する降雨である。この30年間にこれら条件にかなう洪水は、神田川の場合、

124洪水で、この内時間最大降雨量の最大値は昭和35年9月1日の集中豪雨で、78.0mm/hr(総降雨量83.9mm)、日降雨量の最大は昭和33年9月26日の狩野川台風の例で371.0mm(総降雨量402.2mm)である。ここで、日降雨量の時界は、零時とし、一連続雨量は、6時間の無降雨状態の有無を判定条件として選択した。

3. 流出計算法と確率評価

(1) 流出計算法

流出波形は図-2に示す概念による次式によって求めた。

$$q_t = f \frac{\sum_{t=t_p-n+1}^t r_t}{n} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、f：流出係数、n=t_p/Δt、t_p：洪水到達時間(min)、Δt：雨量の時間単位(10min)、そして洪水到達時間 t_pは、角屋の式⁴⁾である次式において、定数 Cを表-1に示す t_pの値を参考に各河川ごとの固定値を使用する。また、有効雨量 r_eを決める流出係数 fの値も実態的なものを使用した。

$$t_p = CA^{0.22} r_e^{-0.35} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$r_e = f r_m \quad \dots\dots\dots (3)$$

r_m：洪水到達時間内流域平均降雨強度(mm/hr)、A：流域面積(km²)

すなわち、流出波形は、木下の洪水到達時間内の移動平均による降雨強度⁵⁾で合理式によって求める。また、洪水調節容量は、ここで求めた流出波形から河川基準点の流下能力をこえる容量をもって表すことにした。

(2) ピーク流量と総流出量

上記の移動平均過程による流出計算法から得た既往洪水のうち、目黒川を例にピーク流量(Q_p)と総流出量(Q_v)についての結果が図-3の Q_pの配列図及び図-4の Q_p、Q_vの対数正規確率図である。

表-1 対象流域の諸元

河川名	項目	A (Km ²)	i	Q _c (m ³ /s)	L (Km)	t _p (min)
目黒川 (青葉台)		27.45	1/300	150	9.8	70
神田川 (方南橋)		10.57	1/600	80	9.0	70
善福寺川 (和田橋)		18.51	1/800	90	10.4	90
妙正寺川 (新昭栄橋)		9.34	1/670	95	3.0	50

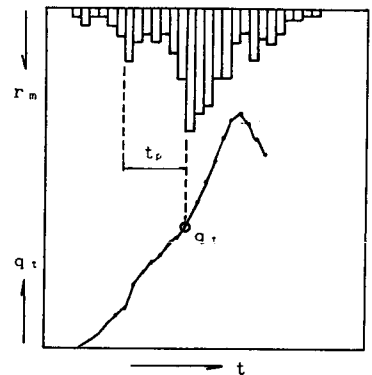


図-2 移動平均法概念図

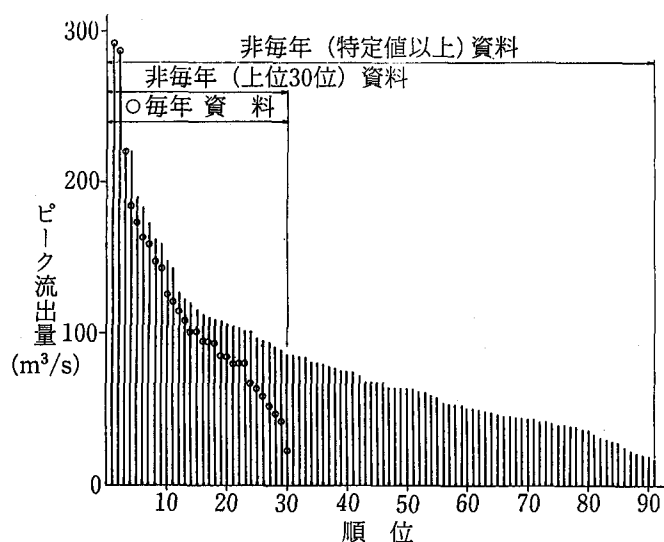


図-3 目黒川の実積 Q_p の分布

この 30 年間で得られた Q_p の最大値は、昭和 56 年 7 月 22 日の集中豪雨による $293\text{m}^3/\text{s}$ (時間最大降雨量 $77.0\text{mm}/\text{hr}$ 、総降雨量 81.0mm) であり、最大の Q_v は昭和 33 年 9 月 26 日の狩野川台風による $4.41 \times 10^6 \text{ m}^3$ (時間最大降雨量 $76.0\text{mm}/\text{hr}$ 、総降雨量 402.2mm) である。

この間、現況の目黒川青葉台地点の流下能力を超える Q_p の発生回数は、15 回であるが、この結果は浸水実態回数 20 回を下回っている⁶⁾。

(3) 総合確率評価

都内中小河川をはじめ中小河川の治水安全度評価に関しては、今までは河川の流下能力の大小によって行なわれて来たところであるが、この考え方は、河道の流

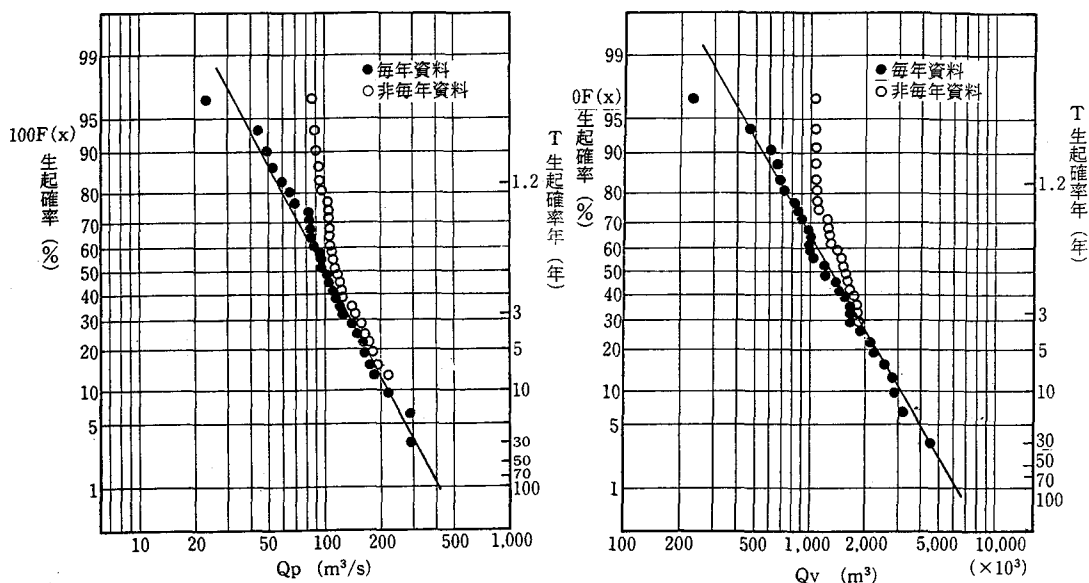


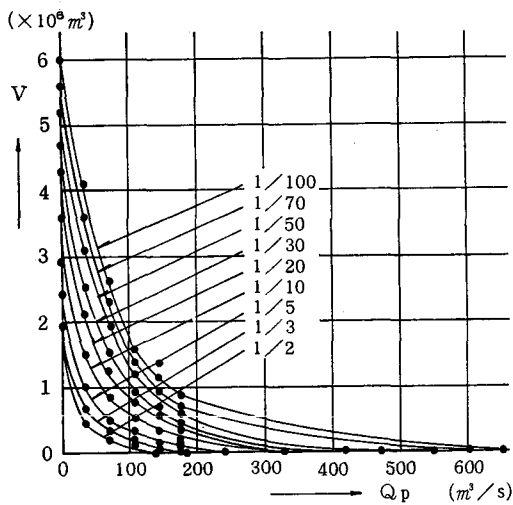
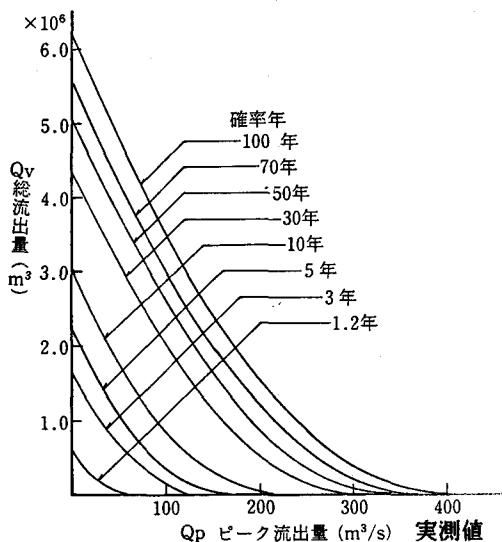
図-4 目黒川の実積 Q_p および Q_v の生起確率

表-2 目黒川の確率計算結果

年	$Q_p (\text{m}^3/\text{s})$	$Q_v (10^6 \text{ m}^3)$
1	56.6	633
3	130.1	1660
5	166.1	2202
10	215.7	2983
30	299.6	4364
50	341.5	5077
100	401.6	6125

下方式だけに依存する方法である。この方式による場合、都市域で、生起確率年15年規模の治水安全度を確保するために河道拡幅による対策では、用地取得難等により不可能に近い。しかしながら、洪水処理を排水及び貯留の組合せによる治水施設の併用策で効率的かつ機能的に対応させる計画論として、 Q_p と Q_v の組合せによる結合確率から治水安全度について評価する方法として近大の江藤らによって提案されている等危険度線⁷⁾を利用し、神田川および目黒川の治水安全度の評価をおこなった。

図 -5及び図 -6にそれぞれ目黒川、神田川の等危険度線を示す。これら等危険度線は、各河川基準点における各生起確率規模の対象洪水に対し現況流下能



目黒川（青葉台地点：年最大値）計算値

図-5 目黒川の等危険度線

表-3 目黒川の中央集中型降雨波形による洪水調節計画の安全度評価（毎年資料）

計画降雨	50mm/hr計画		75mm/hr計画		100mm/hr計画	
項目	$V_1(\times 10^3 \text{ m}^3)$ $Q_c=0 \text{ m}^3/\text{s}$	$V_6(\times 10^3 \text{ m}^3)$ $Q_c=150 \text{ m}^3/\text{s}$	$V_1(\times 10^3 \text{ m}^3)$ $Q_c=0 \text{ m}^3/\text{s}$	$V_6(\times 10^3 \text{ m}^3)$ $Q_c=150 \text{ m}^3/\text{s}$	$V_1(\times 10^3 \text{ m}^3)$ $Q_c=0 \text{ m}^3/\text{s}$	$V_6(\times 10^3 \text{ m}^3)$ $Q_c=150 \text{ m}^3/\text{s}$
調節容量	3,300	420	5,100	1,020	6,600	1,740
確率年	6	25	25	125	170	200

（注：V1、V6は調節容量、Qc：排水量）

中央集中型降雨波形を用いた($f=0.8$)洪水調節計画では、洪水調節容量各々 1/6年～1/25年、1/25年～1/125年、1/170年～1/200年以上と確率年が大きく評価されることが分る。

このことは、各河川の Q_c や V を評価する際、市街化途上にある未だ洪水到達時間が長く流出量が小さい流域状態における実績ハイドログラフを用いていることが一因と考えられる。そこで神田川を例に計算条件として t_p に計画降雨強度 50mm/hr f に 0.8 を想定して、 Q_c の値に現在、東京都の計画降雨強度 50mm/hr におけ

力の各々、20%値、40%値、60%値、80%値、100%値に対する調節量を求め作成したものである。特に、図-5の目黒川の場合、実績洪水による結果と流出計算結果による場合のそれぞれの等危険度線を対比させておく。

4. 洪水調節容量と治水安全度

(1) 流下能力と洪水調節容量

目黒川の図-4に示す実績の Q_p と Q_v の毎年資料⁸⁾ (年最大値)の生起確率分布から求めた生起確率年別の Q_p 及び Q_v を表-2示す。これは図-4に示す実測流量データによる結果である。昭和33年の狩野川台風級の洪水($Q_p=288.0 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_v=4.41 \times 10^6 \text{ m}^3$) が再来した場合、現況の目黒川の流下能力(青葉台地点)の $150 \text{ m}^3/\text{s}$ から判定した場合、この地点において $V=1.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ の洪水調節量を考慮すればよい。その他神田川($Q_c=80 \text{ m}^3/\text{s}$)では $V=5 \times 10^5 \text{ m}^3$ 、善福寺川($Q_c=90 \text{ m}^3/\text{s}$)で $V=1.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、妙正寺川($Q_c=95 \text{ m}^3/\text{s}$)で $V=4.0 \times 10^5 \text{ m}^3$ の洪水調節量が必要となる。

これら現況河道の流下能力が計画降雨強度 50mm/hr まで改修が進めば、現況河道流下能力の洪水調節量に比べ、約 2/3程度に減少させることができる。

(2) 計画降雨に対する治水安全度

東京都では、現在洪水調節を治水計画に入られる場合、降雨継続時間 24時間の図-7に示すような中央集中型降雨波形が試行的に用いられている。そこで各河川の流下能力(以下、 Q_c と表す)と洪水調節容量(以下、 V と表す)の確率評価⁹⁾ にもとづき計画降雨強度 50 mm/hr(1/3年), 75mm/hr(1/10～1/20年), 100mm/hr(1/70年)の中央集中型降雨波形を用いて算定され

調節容量を示すと表-3のようになる。このように既往の実績洪水にもとづく

評価では中央集

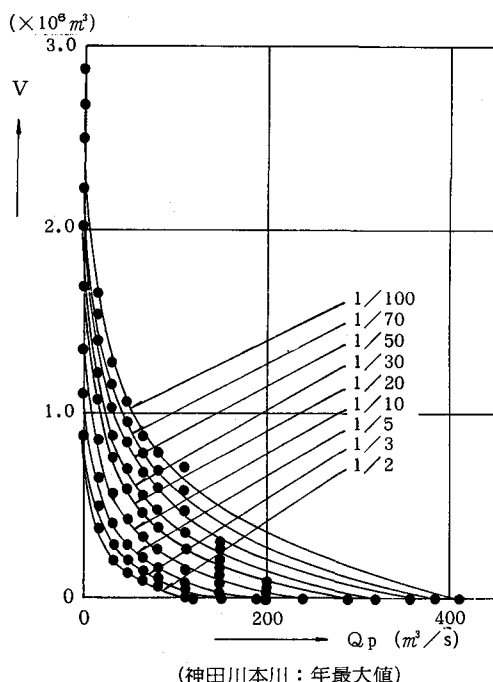
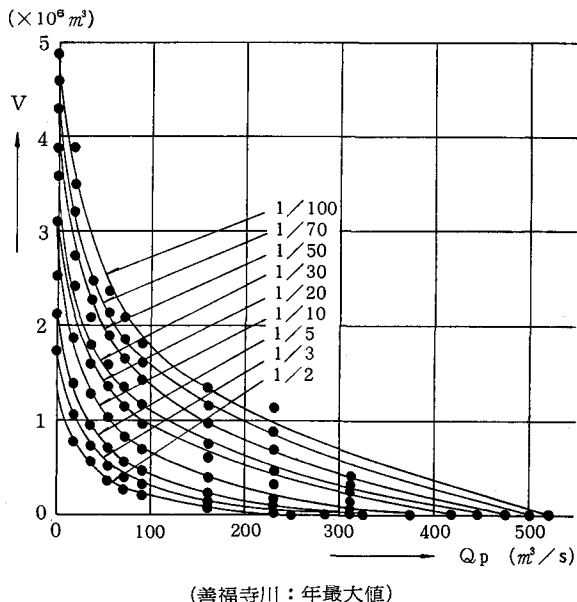
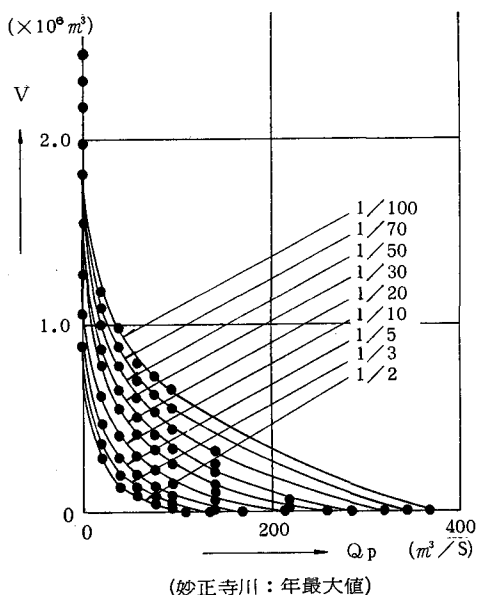


図-6 神田川水系の等危険度線

ための事業が実施されようとしている。

この大規模な洪水調節池が設置されることによって、現況河道の治水安全度を生起確率年で 1/1.2年から 1/5年程度に実質的な向上が図られる。さらに、河道改修が進み計画降雨強度 50mm/hrの整備が完了した場合、この洪水調節池との併用効果は生起確率年 1/10年(計画降雨強度 70mm/hr, 総降雨量 199.6mmの中央集中型降雨波形)の治水安全度が確保されることになる。しかし、大規模調節池とはいえ対象河川が 3河川では都内中小河川の基本計画である 100mm/hr規模の治水安全度への目標実現にはほど遠いものといえる。

る流下能力をそれぞれの河川に適用して、治水安全度の評価を行なった。その結果が、表 -4 である。各河川基準点における Q_c と V の組合せから作成した等危険度線にもとづき生起確率年が各々 1/3, 1/10~1/20, 1/70と評価されている降雨強度 50mm/hr, 75mm/hr, 100mm/hrの中央集中型降雨波形¹⁰⁾による治水計画の安全度を評価すると表 -4 のようになる。

表に示す洪水調節容量を確保すれば、治水安全度は、現状流下能力をベースとする(V_6 に相当する)と、各々 1/3年~1/4年, 1/15年~1/16年, 1/42年~1/50年と評価される。また、流下能力を計画降雨強度 50mm/hrの計画流量とした場合(V_7 に相当する), 降雨強度 75mm/hr, 100mm/hrに対してそれぞれ1/15年~1/24年, 1/42年~1/71年と評価できる。

この結果から、中央集中型降雨波形を用いた洪水調節計画は確率年が大きくやや危険側となることが分る。

ところで、現在、都道環状 7号線下に神田川調節池(φ 12.5m, L=4,500m, $V=5.4 \times 10^5 \text{ m}^3$)を設置、神田川、善福寺川、妙正寺川等に対し速効的に治水安全度を向上させる

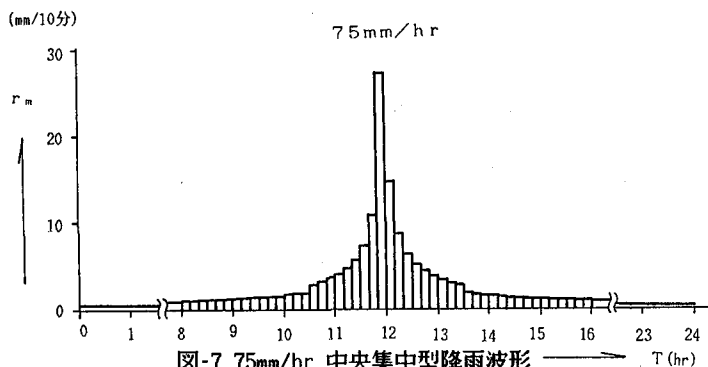


図-7 75mm/hr 中央集中型降雨波形

表-4 神田川の中央集中型降雨波形による治水計画の安全度

河川名	神田川			善福寺川			妙正寺川		
項目	V ₁	V ₆	V ₇	V ₁	V ₆	V ₇	V ₁	V ₆	V ₇
調節量	1290	136	0	2250	600	0	1140	63	0
確率年	5	4	—	3	3	—	4	4	—
調節量	1960	350	24	3400	830	530	1730	226	128
確率年	18	15	17	14	15	15	15	16	24
調節量	2550	600	450	4500	1460	940	2260	410	267
確率年	30	48	42	56	50	43	59	42	71

5. あとがき

東京都では計画降雨に従前の河道拡幅による対策に使用する中央集中型降雨波形を試行的に貯留施設併用方式による改修方法にも使用している。

本文で例示したように、計画降雨強度 75mm/hr 相当の中央集中型降雨波形に対しては、従来の考えにもとづけば生起確率年 1/10年～1/20年の治水安全度が保持できるとされている。

しかし、過去 30年の既往洪水のうち、異常な規模の狩野川台風（総降雨量 402.2mm、時間最大降雨 76.0mm/hr）に対しては、先の治水安全度を仮に 50mm/hr 整備河道が完備された場合においても保証することができない。

排水と貯留の併用方式による治水対策を考える場合には、計画に使用する降雨波形の見直しが必要である。また、同時に大規模調節池の効

率的な活用方式として河道流下能力の何分の一を下流に放流するのが河川全体に対して有効なのか、異常値と考えられる既往最大洪水の確率評価での取扱い、2山降雨波形に対する対応策、一連統雨量の見直し、一定放流後の洪水量の生起確率の検討、洪水調節池の設置位置や取水方式に対する実践的な活用法の検討が必要となっている。

<参考文献>

- 1) 東京都都市計画局(1986)：総合治水対策調査委員会報告(委員長、早大教授、吉川秀夫)東京都における総合的な治水対策のあり方について
- 2) 東京都(1986)：東京都地下河川構想検討会専門委員会(委員長、早大教授 吉川秀夫) 東京都区部中小河川流域における地下河川による治水対策について
- 3) 和泉 清(1977)：都市化と河川流出変化の定量的分析、都土木技術研究所年報
- 4) 角屋 睦、福島 晟(1976)：中小河川の洪水到達時間、京都大学防災研究所年報第19号B
- 5) 木下武雄(1984)：到達時間流出率による合理式流出係数の検討、国立防災科学技術センター研究報告第33号
- 6) 東京都建設局(1985)：85東京の中小河川
- 7) 江藤剛治、室田 明、柳本速雄(1984)、貯留施設と排水施設を併用した高水計画の安全性、第28回水理講演論文集
- 8) 石川金治、佐藤一夫、和泉 清(1981)、都内中小河川の都市化に伴う流出率と洪水到達時間について、土木学会第36回年次学術講演会
- 9) 端野道夫(1986)：二変数指数型分布による計画降雨波形の確率論的決定法、土木学会第41回年次講演会論文集
- 10) 6)に同じ